

***REVERSE ENGINEERING BODY FENDER MOBIL
ESEMKA RAJAWALI II DENGAN
MEMBANDINGKAN HASIL PENGUKURAN
MENGUNAKAN COORDINATE MEASURING
MANUAL MACHINE DAN LASER SCANNER
ARTICULATED MEASUREMENT ARMS***

TESIS



**Diajukan Kepada
Program Studi Magister Teknik Mesin
Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta
untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Magister dalam Ilmu Teknik Mesin
(Manufaktur Otomotif)**

**Oleh
Akhmad Pujiono
NIM : U100140008**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

NOTA PEMBIMBING UTAMA

Dr. Supriyono
Dosen Program Studi Teknik Mesin
Program Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas
Hal: Tesis Saudara Akhmad Pujiono

Kepada Yth.
Ketua Program Studi Teknik Mesin
Program Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Assalamu'alaikum wr.wb

Setelah membaca, meneliti, mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya terhadap Tesis saudara:


Nama : Akhmad Pujiono
NIM : U100140008
Konsentrasi : Magister Teknik Mesin
Judul : ***REVERSE ENGINEERING BODY FENDER MOBIL
ESEMKA RAJAWALI II DENGAN
MEMBANDINGKAN HASIL PENGUKURAN
MENGUNAKAN COORDINATE MEASURING
MANUAL MACHINE DAN LASER SCANNER
ARTICULATED MEASUREMENT ARMS***

Dengan ini kami menilai tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Surakarta,2017

Pembimbing Utama



Supriyono, S.T., M.T., Ph.D

NOTA PEMBIMBING PENDAMPING

Dr. Joko Sedyono
Dosen Program Studi Teknik Mesin
Program Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nota Dinas
Hal: Tesis Saudara Akhmad Pujiono

Kepada Yth.
Ketua Program Studi Teknik Mesin
Program Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Assalamu'alaikum wr.wb

Setelah membaca, meneliti, mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya terhadap Tesis saudara:

Nama : Akhmad Pujiono
NIM : U100140008
Konsentrasi : Magister Teknik Mesin
Judul : ***REVERSE ENGINEERING BODY FENDER MOBIL
ESEMIKA RAJAWALI II DENGAN
MEMBANDINGKAN HASIL PENGUKURAN
MENGUNAKAN COORDINATE MEASURING
MANUAL MACHINE DAN LASER SCANNER
ARTICULATED MEASUREMENT ARMS***

Dengan ini kami menilai tesis tersebut dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Surakarta, 2017

Pembimbing Pendamping



Joko Sedyono S.T., M.Eng., Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN

THESIS BERJUDUL

*REVERSE ENGINEERING BODY FENDER MOBIL ESEMKA
RAJAWALI II DENGAN MEMBANDINGKAN HASIL PENGUKURAN
MENGUNAKAN COORDINATE MEASURING MANUAL MACHINE
DAN LASER SCANNER ARTICULATED MEASUREMENT ARMS*

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

AKHMAD PUJIONO

Telah dipertahankan didepan dewan penguji
Pada tanggal 8 Agustus 2017 dan dinyatakan telah
memenuhi persyaratan untuk diterima.

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Pembimbing Utama



Supriyono, S.T., M.T., Ph.D.

Pembimbing Pendamping



Joko Sedyono S.T., M.Eng., Ph.D.

Dewan Penguji



Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D.

Surakarta, 11 Agustus 2017

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Sekolah Pasca Sarjana

Direktur,



Prof. Dr. Bambang Sumardjoko, M.Pd.

TESIS BERJUDUL

***REVERSE ENGINEERING BODY FENDER MOBIL ESEMKA RAJAWALI II
DENGAN MEMBANDINGKAN HASIL PENGUKURAN MENGGUNAKAN
COORDINATE MEASURING MANUAL MACHINE DAN
LASER SCANNER ARTICULATED MEASUREMENT ARMS***

Yang dipersiapkan dan disusun oleh
AKHMAD PUJONO
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 8 Agustus 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Pembimbing I



Supriyono, S.T., M.T., Ph.D

Pembimbing II



Joko Sediyono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Penguji



Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D.

Surakarta, 11 Agustus 2017
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Sekolah Pascasarjana
Direktur,


Prof. Dr. Bambang Sumardjoko

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Akhmad Pujiono

NIM : U100140008

Program Studi: Magister Teknik Mesin

Konsentrasi : Manufaktur Otomotif

Judul : *REVERSE ENGINEERING BODY FENDER MOBIL
ESEMKA RAJAWALI II DENGAN MEMBANDINGKAN
HASIL PENGUKURAN MENGGUNAKAN COORDINATE
MEASURING MANUAL MACHINE DAN LASER SCANNER
ARTICULATED MEASUREMENT ARMS*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya serahkan ini benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dan ringkasan-ringkasan yang telah saya jelaskan sumbernya. Apabila dikemudian hari terbukti tesis ini jiplakan dan terdapat plagiasi, gelar yang diberikan oleh Universitas Muhammadiyah Surakarta batal saya terima.

Surakarta, 2017

Yang membuat pernyataan


Akhmad Pujiono
NIM. U 100 140008

KATA PENGANTAR



Puji syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Dengan rahmat dan hidayah-Nya, tesis ini dapat terselesaikan. Tesis ini dibuat guna mendapat gelar Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuannya, baik secara moral, material maupun fasilitas yang telah diberikan:

1. Dr. Sofyan Anif, M.Si, Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan kemudahan dan fasilitas belajar di Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Prof. Dr. Bambang Sumardjoko, M.Pd. Direktur Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan fasilitas dalam menyelesaikan pendidikan di Program Pascasarjana Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Dr. Tri Widodo Besar Riyadi, Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian.
4. Dr. Supriyono, Pembimbing Utama dalam penelitian dan penulisan tesis ini yang telah memberikan saran, motivasi dan pembimbingannya yang sangat berharga.

5. Dr. Joko Sedyono, Pembimbing Pendamping dalam penelitian dan penulisan tesis ini yang telah memberikan saran, motivasi dan pembimbingan yang sangat baik.
6. Dr. Marwan Effendy, Dewan penguji dalam penelitian dan penulisan tesis ini yang telah memberikan pencerahan serta arahan yang sangat bermanfaat.
7. Segenap dosen dan staff pengajar program studi Magister Teknik Mesin.
8. Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan ijin penggunaan Laboratorium Teknik Mesin untuk melakukan penelitian.
9. Pimpinan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan ijin penggunaan laboratorium teknik mesin.
10. Pimpinan perpustakaan Pascasarjana yang telah memberikan fasilitas dalam penyelesaian studi kepustakaan.
11. Istriku (Nita Noviawati, S.Pd) dan Anakku (Galang Satriatama & Kaysha Safira Ilmi), orang tuaku serta mertuaku, atas bantuan serta motivasinya dalam menyelesaikan tesis ini.
12. Teman – teman angkatan 1 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan tesis ini yang tidak dapat ditulis satu persatu, semoga amal ibadah dan kebaikan anda mendapat balasan dari Allah SWT.

Surakarta,.....2017

Penulis

Akhmad Pujiono
NIM. U 100140008

**REVERSE ENGINEERING BODY FENDER MOBIL ESEMKA
RAJAWALI II DENGAN MEMBANDINGKAN HASIL
PENGUKURAN MENGGUNAKAN COORDINATE
MEASURING MANUAL MACHINE DAN LASER SCANNER
ARTICULATED MEASUREMENT ARMS**

Akhmad Pujiono¹, Supriyono², Joko Sedyono³

^{1,2,3} Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana,
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: Akhmad_Pujiono@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan metode *reverse engineering* yang bertujuan untuk mendapatkan gambar 3D *surface fender* mobil Esemka Rajawali II serta membandingkan hasil pengukuran *fender* dengan menggunakan dua langkah pengukuran (*scanning*). Langkah pertama adalah pengukuran pada *fender* mobil Esemka Rajawali II dengan menggunakan alat ukur 3D manual, sedangkan Langkah kedua adalah pengukuran *fender* mobil Esemka Rajawali II dengan menggunakan 3D *Laser Scanner Articulated Measurement Arms (LSAMA)*. Data yang diperoleh dari tersebut diatas berupa titik koordinat (*point cloud*) x,y dan z, yang selanjutnya data titik koordinat tersebut dimasukkan ke *software solidworks* untuk membuat gambar *part* 3D *surface fender* mobil esemka Rajawali II. Setelah proses membuat gambar *part* 3D *surface fender* selesai dilakukan, tahapan selanjutnya membandingkan hasil dari kedua alat ukur tersebut. Titik (*point*) koordinat pada komponen *fender* merupakan titik (*point*) bantu yang digunakan untuk menerangkan bentuk dari *surface* pada *fender* tersebut. Banyaknya jumlah dari *point* yang digunakan akan mempengaruhi bentuk *fender* yang dihasilkan, hal tersebut disebabkan antara *point* satu maupun *point* yang lainnya dihubungkan melalui garis sebelum dilakukan *surface* pada *software solidworks*. Jumlah *point* maupun letak dari *point* tersebut diberikan secara acak (*random*) pada komponen *fender* tersebut. Dari kedua alat ukur tersebut yaitu 3D (*LSAMA*) dan alat ukur 3D manual, menggunakan jumlah *point* koodinat yang sama. Dengan menggunakan 3D (*LSAMA*) mempunyai tingkat kepresisian pengukuran yang lebih baik dibandingkan dengan alat ukur 3D manual.

Kata kunci: 3D *Laser Scanner Measurement Arms*, Alat ukur 3D manual, *Fender*, *Solidworks*

ABSTRACT

This research uses reverse engineering method which aims to get 3D surface fender images of Esemka Rajawali II car and compare the result of fender measurement by using two steps of measurement (scanning). The first step is the measurement on the Esemka Rajawali II car fender using a manual 3D measuring instrument, while the second step is the measurement of Esemka Rajawali II car fender using 3D Laser Scanner Articulated Measurement Arms (LSAMA). Data obtained from the above point of coordinates (point cloud) x, y and z, which then the data point coordinates are inserted into software solidworks to create images of 3D fender part of the car surface esemka Rajawali II. After the process of making a 3D part surface fender image completed, the next stage compares the results of the two measuring instruments. The point (coordinate) of the fender component is the assist point used to explain the shape of the surface of the fender. The number of points used will affect the shape of the resulting fender, it is caused between the point one or the other point connected through the line before the surface on software solidworks. The number of points and the location of the point is randomly assigned to the fender component. Of the two measuring tools are 3D (LSAMA) and manual 3D measuring instruments, using the same number of koodinat points. Using 3D (LSAMA) has a better measurement precision than a manual 3D measuring instrument.

Keywords: 3D Laser Scanner Measurement Arms, 3D manual gear, Fender, Solidworks.

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan Pembimbing Utama.....	ii
Halaman Persetujuan Pembimbing Pendamping.....	iii
Halaman Pengesahan	iv
Surat Pernyataan	v
Kata Pengantar	vi
Abstrak	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Orisinalitas	3
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.1.1. <i>Reverse Engineering</i>	5
2.2. Metode <i>Reverse Engineering</i>	9
2.3. Pembuatan <i>Coordinate Measuring Manual Machine</i>	15
2.4. Metode Kontak dan Metode Non – Kontak	24

2.4.1. Metode Kontak	24
2.4.2. Metode Non Kontak	33
2.5. Kerangka Pikir	39
2.6. Hipotesis	40

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian	41
3.1.1. Pengukuran <i>fender</i> dengan 3D manual	42
3.1.2. Pengukuran <i>fender</i> dengan 3D (<i>LSAMA</i>)	47
3.2. Tempat Penelitian	53
3.3. Alat dan Bahan	53

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Membandingkan hasil pengukuran dengan alat ukur 3D manual dengan 3D (<i>LSAMA</i>).....	57
4.2. Membandingkan hasil <i>Surface</i> dengan 3D (<i>LSAMA</i>) dengan alat ukur 3D manual berdasarkan titik koordinat <i>Fender</i>	61
4.3 Pembahasan	88

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	91
5.2. Saran	91

DAFTAR PUSTAKA	92
-----------------------------	----

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.1. Proses <i>reverse engineering</i> dengan menggunakan 3D <i>Laser scanner</i>	13
Gambar 2.3.1 (a). Rencana desain <i>Coordinate Measuring Manual Machine</i>	15
(b). Foto <i>Coordinate measuring manual mechine</i>	16
Gambar 2.3.2. Foto Pipa hollow.....	16
Gambar 2.3.3. Foto Pemasangan Paku keling (<i>rivet</i>).....	17
Gambar 2.3.4. Foto Penggaris.....	18
Gambar 2.3.5. Foto Persiapan Pengecatan	18
Gambar 2.3.6. Foto Proses Pendempulan.....	19
Gambar 2.3.7. Foto Inventer Las listrik.....	19
Gambar 2.3.8. Foto Proses Pemotongan Besi dengan Gerinda Potong.....	20
Gambar 2.3.9. Foto Proses Penggerindaan.....	21
Gambar 2.3.10. Foto Bor Listrik.....	21
Gambar 2.3.11. (a) Gambar desain pandangan atas.....	22
(b) Gambar desain pandangan depan	22
(c) Gambar desain pandangan samping.....	22
Gambar 2.4.1. Gambar klasifikasi tipe dari 3D <i>laser scanner</i>	24
Gambar 2.4.1.1. <i>Coordinate Measurement Mechine</i>	26
Gambar 2.4.1.2. Gambar Cara Kerja dari <i>Articulated Measurement Arms</i>	29
Gambar 2.4.1.3. Foto <i>Articulated Measurement Arms</i>	30

Gambar 2.4.2.1. (a) Gambar Diagram Sistem kerja <i>Time of Flight</i>	34
(b) Gambar alat dengan metode kerja <i>Time of Flight</i>	34
Gambar 2.4.2.2. Prinsip kerja Sensor Laser Triangulasi	35
Gambar 3.1.1.1. Alat Ukur 3D Manual	42
Gambar 3.1.1.2. Pembongkaran body mobil esemka Rajawali II	43
Gambar 3.1.1.3. (a) Proses pengukuran fender dengan alat ukur 3D manual	44
(b) Arah pengukuran <i>fender</i> mobil Esemka Rajawali II	44
Gambar 3.1.1.4. Data hasil pengukuran <i>fender</i> mobil Esemka Rajawali II	46
Gambar 3.1.2.1. (a) dan (b) Foto <i>Articulated Measurement Arms</i>	48
Gambar 3.1.2.2. <i>Fender</i> Mobil Esemka Rajawali II yang telah dilapisi <i>waterpaint</i>	49
Gambar 3.1.2.3. Proses pengukuran dengan menggunakan laser 3D <i>Articulated Measurement Arms</i>	50
Gambar 3.1.2.4. Data hasil <i>scan</i> 3D <i>Articulated Measurement Arms</i>	53
Gambar 3.3.1. (a) Pandangan depan mobil Esemka	54
(b) Pandangan samping mobil Esemka	54
Gambar 3.3.2. Alat Ukur 3D Manual	55
Gambar 3.2.3 (a) dan (b) Foto <i>Articulated Measurement Arms</i>	56
Gambar 4.1.1. (a) <i>Engineering Drawing</i> dari 3D (<i>LSAMA</i>)	59
(b) <i>Engineering Drawing</i> dari alat ukur 3D Manual	59
Gambar 4.2.1. Urutan penomoran <i>point</i> pada komponen <i>fender</i> pada metode 3D (<i>LSAMA</i>)	66

Gambar 4.2.1. Urutan penomoran <i>point</i> pada komponen <i>fender</i> pada metode 3D Manual	71
Gambar 4.2.3. Gambar grafik hasil pengukuran <i>surface</i> berdasarkan titik koordinat.....	87

DAFTAR TABLE

Tabel 3.1.1.1. Tabel Hasil Pengukuran dengan Alat Ukur 3D Manual.....	45
Tabel 4.1. Perbandingan dimensi hasil pengukuran pada <i>fender</i> mobil Esemka Rajawali II.....	60
Tabel 4.2.1. Tabel Perbandingan hasil pengukuran dengan jumlah dan letak titik yang sama.....	73